

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 25 996 A 1**

⑤1 Int. Cl.°:  
E 03 B 3/10

⑳ Aktenzeichen: 197 25 996.0  
㉑ Anmeldetag: 19. 6. 97  
㉒ Offenlegungstag: 2. 1. 98

DE 197 25 996 A 1

③0 Unionspriorität:  
666014 19.06.96 US

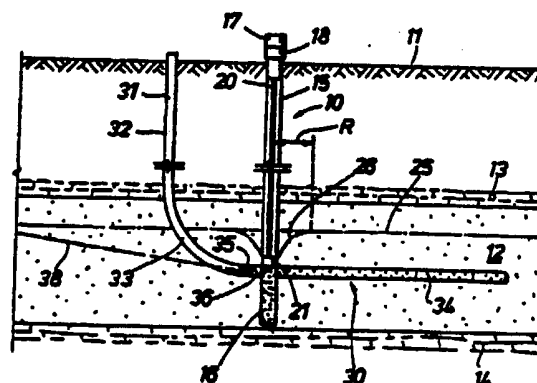
㉑1 Anmelder:  
Talley, Robert R., Katy, Tex., US

㉑4 Vertreter:  
Dr. A. v. Fünser, Dipl.-Ing. D. Ebbinghaus, Dr. Ing. D.  
Finck, Dipl.-Ing. C. Hano, Patentanwälte, 81541  
München

㉑2 Erfinder:  
gleich Anmelder

⑤4 Wasserbohrlochsystem

⑤7 Das Wasserbohrlochsystem mit hoher Förderleistung verwendet ein horizontales Förderfilterrohr (34) in einem Grundwasserleiter (12) zusammen mit einem bestehenden vertikalen Bohrloch (10) oder einer Pumpe (21), die sich dorthin nach unten erstreckt, wobei ein Endeabschnitt (36) des Filterrohrs (34) in einem Abstand an dem vertikalen Bohrloch (10) vorbeiläuft, der ungefähr 5% des Entwässerungsradius des vertikalen Bohrlochs (10) nicht überschreitet. Durch das Bohrlochsystem kann außerdem eine hohe Mengenleistung für eine Wiederauffüllung des Grundwasserleiters (12) erreicht werden.



DE 197 25 996 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 97 702 061/902

7/22

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie ein System zu Fertigstellung von Wasserbohrlöchern mit hoher Mengenleistung, bei dem sich eine Förderleitung oder ein Filterrohr horizontal durch einen Grundwasserleiter erstreckt und zusammen mit einem schon bestehenden vertikalen Bohrloch verwendet wird, um die Mengenleistung zu erhöhen, mit der Wasser aus dem Grundwasserleiter gefördert werden kann oder diesen auffüllen kann.

Wasserbohrlöcher mit hoher Mengenleistung werden beispielsweise für die landwirtschaftliche Bewässerung oder für kommerzielle, industrielle oder städtische Versorgung verwendet. In diesen Fällen kann eine Wassermengenleistung von mehr als 945 000 l pro Tag erforderlich sein. Eine wesentliche Verbesserung der Mengenleistung kann durch eine horizontale Fertigstellung erreicht werden, wie sie in den US-Patenten 5 289 888, 5 343 965 und 5 396 950 beschrieben ist, auf die vollinhaltlich Bezug genommen wird. Von oben gesehen verändert die Förderung durch ein längliches horizontales Filterrohr den Querschnitt des Absenkvolumens des Grundwasserleiters von einem im wesentlichen kreisförmigen Querschnitt bei einer vertikalen Fertigstellung zu einem länglichen Rechteck bei einer horizontalen Fertigstellung, wobei die Länge des Rechtecks ungefähr der Länge des Förderfilterrohres entspricht.

Eine horizontale Fertigstellung erhöht die Wasserfördermenge bei einem unbegrenzten Grundwasserleiter mit einer Dicke von 12 m um den Faktor 2, wenn ein 30 m langes Förderfilterrohr verwendet wird. Bei Verwendung eines Filterrohres von 120 m Länge wird die Förderleistung um das 7,6fache erhöht. Solche Erhöhungen werden bei Verwendung des gleichen Absenkdrucks erreicht. Die Absenkung kann natürlich um diese Faktoren verringert werden, wenn die gleiche Mengenleistung mit einer horizontalen Bohrlochfertigstellung wie bei einer vertikalen Fertigstellung gefördert wird. Beispielsweise kann mit einem vertikalen Bohrloch in einem Grundwasserleiter Wasser mit einem Durchsatz von 567 l pro Minute gefördert werden, wohingegen ein horizontales Bohrloch im gleichen Grundwasserleiter mit einem 60 m langen Förderfilterrohr 2150 l pro Minute fördern kann.

Viele Tausende von vertikalen Bohrungen wurden beispielsweise in dem Ogallala Grundwasserleiter fertiggestellt, der für ungefähr 30% der natürlichen Grundwasserversorgung verantwortlich ist, die für die landwirtschaftliche Bewässerung in den Vereinigten Staaten verwendet wird. Jedes Bohrloch erzeugt einen Entnahmestrich in dem Grundwasserspiegel, der die Mengenleistung begrenzt. Darüber hinaus hat sich die Schicht an gesättigtem Wasser dieses Grundwasserleiters in vielen Jahrzehnten aufgrund einer unzureichenden Wiederauffüllung verringert. Die einzige Lösung des Problems der verringerten Wassermengenleistung in der Vergangenheit war mehr und mehr vertikale Bohrlöcher zu bohren und fertigzustellen, was so hohe Kosten mit sich bringt, daß diese Lösung ökonomisch nicht mehr vertretbar ist.

Die folgende Erfindung ist auf ein einzelnes Wasserbohrlochsystem gerichtet, bei dem ein bestehendes vertikales Bohrloch zusammen mit einem horizontalen Förderfilterrohr verwendet wird, das nahe daran vorbeiläuft, um eine stark verbesserte Wassermengenleistung aus einem Grundwasserleiter bei einer Gesamteinsparung der Fertigstellungskosten zu erreichen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie ein System zur Fertigstellung eines Wasserbohrlochs zu schaffen, das hohe Mengenleistungen ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren sowie ein System zur Fertigstellung eines Wasserbohrlochs gelöst, bei denen ein längliches Förderfilterrohr so horizontal in einem Grundwasserleiter angeordnet ist, daß seine Achse nahe an die Achse des Förderfilterrohres einer bestehenden vertikalen Bohrlochbohrung angrenzend verläuft, wobei in der vertikalen Bohrlochbohrung eine Pumpe angeordnet ist, die Wasser zur Oberfläche befördert. Vorzugsweise ist der Abstand der zwei nahe aneinander vorbei laufenden Bohrlöcher nicht größer als ungefähr 5% des effektiven Entwässerungsradius des vertikalen Brunnens, um eine maximale Erhöhung der Wasserfördermengenleistung sicherzustellen. Der Absenkdruck oder der Druckgradient, der durch den Betrieb der Pumpe erzeugt wird, sorgt dafür, daß das meiste Wasser so gepumpt wird, daß es in Richtung des horizontalen Förderfilterrohres wandert und darin eintritt, wobei das horizontale Förderfilterrohr der Wasserströmung fast keinen Widerstand bietet. Dann strömt das Wasser in Richtung des vertikalen Bohrlochs. In dem Bereich, an dem die beiden Förderfilterrohre nahe aneinander vorbei laufen, strömt das Wasser aus dem horizontalen Förderfilterrohr in das Innere der vertikalen Bohrlochbohrung, wo es durch die Pumpe unter Druck zu Oberfläche angehoben wird. Das horizontale Förderfilterrohr kann in dem Grundwasserleiter angeordnet werden, wie dies in einem oder mehreren der oben genannten Patente beschrieben ist. Dies kann auch durch verschiedene Richtbohrtechniken erfolgen, die zum Einführen von Rohren verwendet werden, wenn widrige Umstände wie z. B. Straßenwegerechte oder Flüsse vorliegen. Verschiedene Richtbohrungstechniken können für das Bohrloch verwendet werden, bei denen Bohrmotoren eingesetzt werden. Sobald sich das horizontale Förderfilterrohr an seinem Platz befindet, wird seine Bohrung jenseits des inneren Endes seiner mit Schlitzsen versehen oder perforierten Länge zugestopft. Die Verbesserung der Wasserfördermengenleistung ist dramatisch und das Bohrsystem ist verglichen mit den Gesamtkosten für das Bohren von mehreren zusätzlichen vertikalen Bohrlochern zu Erhaltung äquivalenter Verbesserungen sehr kostensparend.

Die Mengenleistung wird auch dadurch verbessert, daß die Form des Absenkungsbereichs eines bestehenden vertikalen Bohrlochs, das sich in einen Grundwasserleiter erstreckt, von einer Kreisform zu der Form eines länglichen Rechtecks verändert wird.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische seitliche Querschnittsansicht durch einen unterirdischen Grundwasserleiter mit einem Bohrlochsystem, das zum Pumpen von Wasser aus dem Grundwasserleiter angeordnet ist;

Fig. 2 eine rechte Seitenansicht von Fig. 1;

Fig. 3 ein Diagramm, das die Erhöhung der Fördermengenleistung zeigt, die durch die Erfindung erreicht wird.

Fig. 1 zeigt ein vertikales Wasserbohrloch 10, das sich von der Bodenfläche 11 in einen Grundwasserleiter 12

nach unten erstreckt, dessen Dicke beispielsweise 12 m betragen kann. Der Grundwasserleiter 12 ist normalerweise eine nicht verdichtete Schicht aus Sand und Kies mit einer guten Porosität und hoher Durchlässigkeit und mit undurchlässigen Schichten 13, 14 aus Schiefer, die oberhalb bzw. unterhalb angeordnet sind. Obwohl die meisten guten Grundwasserleiter aus Sand bestehen, bestehen manche Grundwasserleiter aus Kalkstein mit Durchgängen, die durch Auflösung vergrößert sind. Die Oberseite des Grundwasserleiters 12 liegt häufig ungefähr 90 m unterhalb der Oberfläche 11. Das Bohrloch 10 ist normalerweise mit einem Casing 15 ausgefüllt, das an seinem untersten Abschnitt ein Fördersieb oder Filterrohr 16 aufweist, das tief in dem Grundwasserleiter 12 angeordnet ist. Eine Art, Wasser aus dem Bohrloch 10 zu pumpen, besteht darin, einen Motor 17 auf dem Casingkopf 18 an der Oberfläche 11 zu befestigen, der eine Längswelle 20 antreibt. Das untere Ende der Längswelle 20 ist mit einer Pumpe 21 verbunden, die in das Filterrohr 16 gesetzt ist und Wasser, das durch die Öffnungen in dem Sieb 16 strömt, in das Casing 15 saugt, wo es dazu gezwungen wird, nach oben und durch einen Oberflächenauslaß 22 unter Druck zu strömen. Alternativ kann das Wasser durch eine elektrische Tauchpumpe oder eine andere Vorrichtung mit hoher Leistung gefördert werden. Die Linie 25 stellt die Oberseite der gesättigten Schicht des Sandes 12 (Grundwasserspiegel) dar. Die Oberfläche 26 stellt grob ein konisches Sandvolumen dar, das viel Luft enthält, da fast das ganze Wasser während des normalen Betriebsverlaufs daraus durch Pumpen entfernt wurde. Die Oberfläche 26 kann außerdem zur Bezeichnung eines Entnahmetrichters verwendet werden. Von oben gesehen ist die Form eines horizontalen Querschnitts durch den Absenkbereich in der gesättigten Schicht des Grundwasserleiters 12 insgesamt ein Kreis mit einem Durchmesser, dessen Radius dem effektiven Entwässerungsradius  $R_e$  entspricht.

Erfindungsgemäß wird ein horizontales oder fast horizontales Bohrloch 30 zusammen mit dem vertikalen Bohrloch 10 verwendet, um die Wasserförderleistung zu erhöhen. Wie es in den US-Patenten 5 289 888 und 5 396 950 beschrieben ist, kann das Bohrloch 30 einen oberen Abschnitt 31, der vertikal gebohrt und dann mit einem Casing 32 ausgefüllt ist, einen Biegungsabschnitt 33 mit einem äußeren Ende, dessen Achse im wesentlichen horizontal ausgerichtet ist, und einen länglichen Förderabschnitt oder ein Filterrohr 34 aufweisen, das auf geeignete Weise mit einem Sieb versehen oder perforiert ist, um einen Zugang von Wasser zu ermöglichen, wohingegen Sand und Kies abgehalten werden. Der Förderabschnitt 34 ist an seinem äußeren Ende auf geeignete Weise verstopft. Der vertikale Abschnitt 31 und der Biegungsabschnitt 33 sind bezüglich des bestehenden vertikalen Bohrlochs 10 so angeordnet, daß sich der innere Endabschnitt 36 des Förderfilterrohres 34, wie gezeigt etwas über die vertikale Bohrung 10 hinaus erstreckt und sehr nahe daranliegt. Ein Brückenpfropfen 35 ist vorzugsweise in der Nähe des Anfangs der Wasserströmungsschlitzes oder Öffnungen in den Förderabschnitt 34 eingesetzt.

Bezugnehmend auf die Fig. 2 sollte der Abstand  $d$  zwischen der jeweiligen Längsachse der zwei Abschnitte 16, 34 nicht mehr als ungefähr 60 cm betragen, um optimale Ergebnisse zu erreichen. Die Fördermengenerhöhung  $E$  einer horizontalen Bohrlochfertigstellung im Vergleich zu einer vertikalen Bohrlochfertigstellung kann folgendermaßen ausgedrückt werden

$$E = \frac{4 L}{1,5 R_e} \quad (\text{Gleichung 1})$$

wobei  $L$  die Länge des horizontalen Förderfilterrohres und  $R_e$  der effektive Entwässerungsradius eines vertikalen Bohrlochs ist.

Der Faktor  $R_e$  ist eine Funktion gewisser Grundwasserleiterparameter, wie z. B. der hydraulischen Leitfähigkeit, der speziellen Festigkeit und der Dicke. Für einen normalen Grundwasserleiter gilt  $K = 2440 \text{ l/Tag/m}^2$  und  $S = 0,15$ . Bei einem nicht eingeschlossenen Grundwasserleiter mit einer Dicke von 12 m wird folgende Erhöhung der Mengenleistung bei verschiedenen Längen des horizontalen Förderfilterrohres erreicht.

$L$	$E$
30 m	1,9
45 m	2,9
60 m	3,8
90 m	5,7
120 m	7,6

In einem Fall, in dem ein vertikales Bohrloch in einen 12 m dicken Grundwasserleiter eindringt und eine Höchstförderleistung von 567 l/min. hat, fördert ein horizontales Förderfilterrohr 34 mit einer Länge von 60 m in dem gleichen Grundwasserleiter 2155 l/min. Fig. 3 ist eine graphische Darstellung der Verbesserung bei verschiedenen Längen von Förderfilterrohren 34, wobei die oben genannten Parameter angenommen werden. Es wird nicht nur bei Verwendung der gleichen Absenkung die Förderleistung erhöht, sondern die Absenkung kann auch wesentlich reduziert werden, wenn mit der gleichen Förderleistung gefördert wird, wie bei einem vertikalen Bohrloch.

#### Betriebsweise

Um die Mengenförderleistung eines bestehenden vertikalen Bohrlochs 10 deutlich zu verbessern, das gebohrt,

fertiggestellt und durch die Pumpe 21 in Betrieb gesetzt worden ist, ist das zugeordnete horizontale Bohrloch 30 wie beschrieben ausgebildet. Für eine relativ oberflächennahe Bohrlocheinrichtung kann der horizontale Abschnitt 34 der Förderleitung durch bekannte Verfahren zur Verlegung von Rohren unter widrigen Umständen, wie z. B. bei Straßenwegeverordnungen und Flüssen in ihrer Lage angebracht werden. Der Eintrittspunkt des Bohrkopfes ist deutlich weiter entfernt, als es durch die Phantomlinien 38 in Fig. 1 gezeigt ist, so daß der Eintrittswinkel des Eintrittsbohrlochs ungefähr  $15^\circ$  oberhalb der Horizontalen liegt. Der Bohrkopf wird so gesteuert, daß er deutlich vor dem vertikalen Bohrloch 10 mit einem im wesentlichen horizontalen Bohren beginnt. Der Bohrkopf wird dann weiterhin in seiner Richtung so gesteuert, daß das Bohrloch nur ein paar Fuß (ein Fuß beträgt 30,5 cm) oder noch näher an dem Bohrloch 10 vorbeiläuft. Beträchtlich tiefere horizontale Bohrlöcher können mit einer Ölfeldrichtbohrungstechnologie und entsprechenden Werkzeugen gebohrt werden, einschließlich eines Unterbohrlochinotors und eines gebogenen Übergangsstücks. Eine automatische Telemetrie der Richtsignale zu der Oberfläche einschließlich des Neigungswinkels und des Azimuts ermöglicht eine sehr nahe Annäherung des horizontalen Abschnitts 34 zu dem vertikalen Bohrloch 10. Das vielleicht ökonomischste Verfahren zur Bildung des horizontalen Bohrlochs 30 erfolgt gemäß der Offenbarung in dem US-Patent 5,343,065, in dem ein flexibler  $90^\circ$ -Rohrbogen durch den vertikalen Abschnitt des Bohrlochs gedrückt und dann an seinen Platz gespült oder gespritzt wird, um den Übergang zur Horizontalen zu schaffen. Dann wird ein flexibler, jedoch normalerweise gerader Förderabschnitt mit einer gewählten Länge um die Biegung gedrückt und entlang der Horizontalen in den Grundwasserleiter gespült. Einzelne Schußbeobachtungen können dann gemacht werden, wenn die gebogene Leitung hineingespült wird, um sicherzustellen, daß der horizontale Förderabschnitt nahe an dem Förderfilterrohr 16 des vertikalen Bohrlochs 10 vorbeigeht, wenn er installiert ist. Sobald das äußere oder untere Ende des Biegungsabschnittes 33 mit einem geeigneten brückenartigen Dichtungsstück verstopft ist, kann die Pumpe 21 in dem vertikalen Bohrloch 10 gestartet werden, um eine verbesserte Wasserfördermengeleistung zu erreichen. Der Teil des Bohrlochs 30 nach dem Pfropfens 35 ist ausdehnbar und kann herausgezogen werden, um ihn irgendwo anders zu benutzen.

Durch die vorliegende Erfindung wird nicht nur die Wasserfördermengeleistung erhöht. Ihre Verwendung verbessert außerdem die künstliche Wiederauffüllung eines Grundwasserleiters durch Pumpen von Wasser aus einer anderen Quelle oder einem anderen Reservoir, um den Grundwasserspiegel zu erhöhen.

Der Absenkdruk, der durch den Betrieb der Pumpe 21 verursacht wird, kann seitlich entlang des gesamten Bereichs des horizontalen Bohrlochs ausgedehnt werden, um eine verbesserte Förderleistung zu erreichen. Eine bedeutende Strömung von Wasser aus dem inneren Abschnitt 36 des Förderfilterrohres 34 in das Sieb 16 des vertikalen Bohrlochs 10 existiert in dem Bereich 40, in dem diese zwei Abschnitte am nächsten aneinander liegen, wobei der Abstand so nah sein sollte, wie es praktisch möglich ist, da insbesondere die Druckabsenkung des vertikalen Bohrlochs 10 sich von dem Bohrloch nach außen in radialer Richtung logarithmisch verringert.

Andere Vorteile des hier offenbarten Bohrlochsystems liegen darin, daß die bestehende Pumpeninstallation nicht beeinträchtigt werden muß, solange keine Pumpe mit höherer Leistung erforderlich ist, und daß die Pumpe vertikal betrieben wird, wobei diese Orientierung die Lebensdauer der Lager und dergleichen erhöht. Die Kosten zur Ausbildung des horizontalen Bohrlochs 30 bilden nur einen Bruchteil der Kosten zum Bohren und Fertigstellen einer großen Anzahl von zusätzlichen vertikalen Bohrlochern, die erforderlich wären, um eine äquivalente verbesserte Förderleistung zu erreichen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Förderung von Wasser aus einem im wesentlichen vertikalen Bohrloch (10), das sich von der Oberfläche (11) nach unten in einen unterirdischen Grundwasserleiter (12) erstreckt, bei dem ein im wesentlichen horizontales Bohrloch (30) mit beträchtlicher Länge so angeordnet wird, daß es nahe an dem vertikalen Bohrloch (10) vorbeiläuft, und Wasser aus dem vertikalen Bohrloch (10) gepumpt wird, das hauptsächlich über das horizontale Bohrloch (30) aus dem Grundwasserleiter (12) abgezogen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das horizontale Bohrloch (30) ein äußeres Ende, das von dem vertikalen Bohrloch (10) entfernt ist, und ein inneres Ende (36) aufweist, das daran angrenzt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das horizontale Bohrloch (30) Abschnitte (31, 33) aufweist, die sich zur Oberfläche (11) nach oben erstrecken und die oberen Abschnitte (31, 33) an einer Stelle (35) abgeschlossen werden, die an das innere Ende (36) des horizontalen Bohrlochs (30) angrenzen.
4. Verfahren zur Wiederauffüllung eines Grundwasserleiters (12), in den sich ein vertikales Bohrloch (10) erstreckt, bei dem ein längliches horizontales Bohrloch (30) so ausgebildet wird, daß es sich längs des Grundwasserleiters (12) so erstreckt, daß es nahe an dem vertikalen Bohrloch (10) vorbeiläuft, und Wasser aus einer Quelle an der Oberfläche (11) in das vertikale Bohrloch (10) und dann in den Grundwasserleiter (12) hauptsächlich über das horizontale Bohrloch (30) gepumpt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der kürzeste Abstand zwischen dem horizontalen Bohrloch (30) und dem vertikalen Bohrloch (10) nicht mehr als ungefähr 5% des Entwässerungsradius des vertikalen Bohrlochs (10) beträgt.
6. Bohrlochsystem zur Förderung von Wasser aus einem Grundwasserleiter (12) mit
  - einem vertikalen Bohrloch (10), das sich von der Oberfläche (11) in den Grundwasserleiter (12) erstreckt und in dem eine Pumpe (21) installiert ist und
  - einer horizontalen BohrloCHFertigstellung (30) mit einem Wasserförderabschnitt (34), der sich längs innerhalb des Grundwasserleiters (12) erstreckt, wobei der Wasserförderabschnitt (34) einen Teil aufweist, der nahe an dem vertikalen Bohrloch (10) vorbeiläuft und diesem Wasser zuführt, das in den horizontalen Wasserförderabschnitt (34) durch den Betrieb der Pumpe (21) gefördert wird.
7. System nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der kürzeste Abstand zwischen dem horizontalen

Wasserförderabschnitt (34) und dem vertikalen Bohrloch (10) nicht mehr als ungefähr 5% des Entwässerungsradius des vertikalen Bohrlochs (10) beträgt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

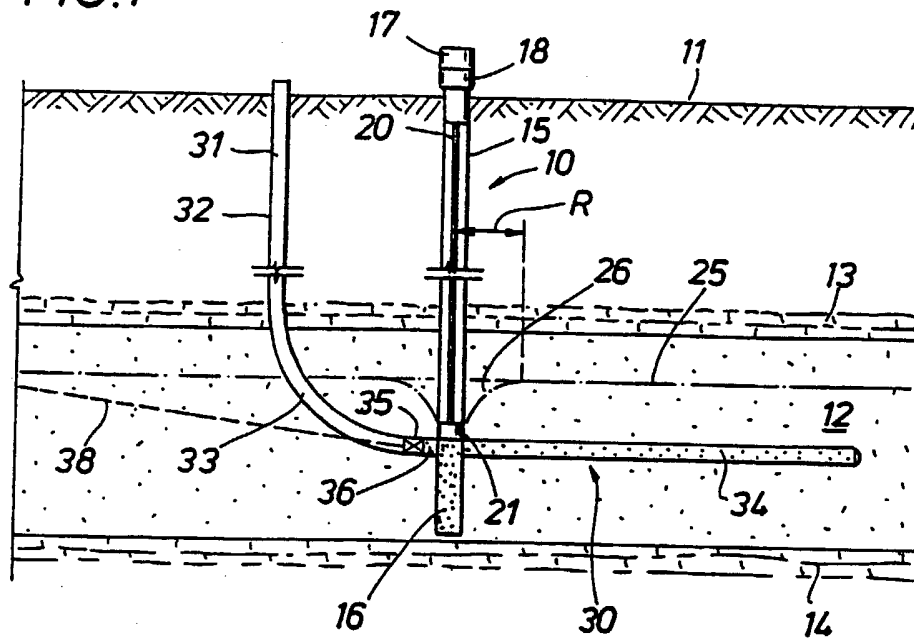


FIG. 2

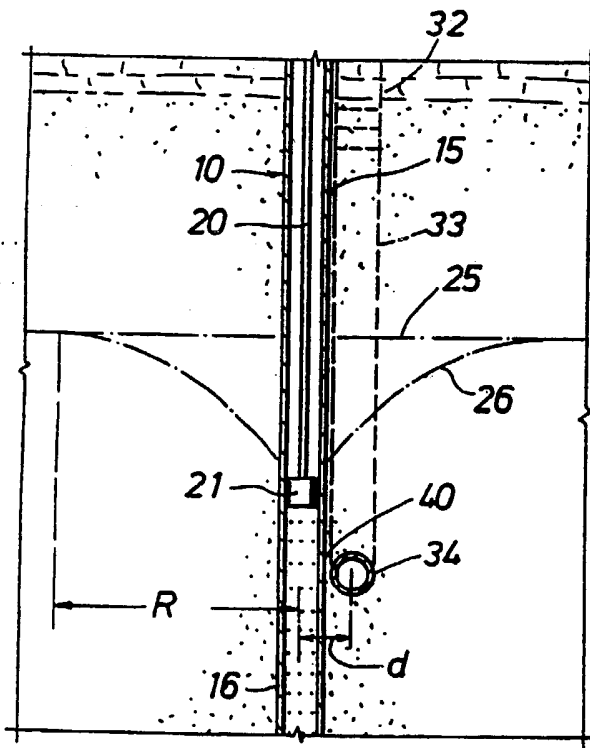


FIG. 3

